

Мягкова Анна Викторовна, студентка

Левин Евгений Иосифович, ассистент

Научные руководители: Микула Владимир Анатольевич, доц., канд. техн. наук

Берг Борис Викторович, проф., д-р техн. наук

Богатова Татьяна Феоктистовна, доц., канд. техн. наук

## ДВИЖЕНИЕ УГЛЯ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ КАНАЛОМ

Необходимость создания направленной циркуляции материала слоя обусловлена тем, что для устойчивого сжигания в кипящем слое низкогокачественного топлива (с высокой влажностью и небольшим содержанием коксового остатка) требуется обеспечить достаточное время пребывания частиц топлива в объеме слоя. Только в этом случае значительная часть теплоты от сгорания топлива будет выделяться в слое, а не в надслоевом пространстве. Для экспериментов использовалась прозрачная холодная (при комнатной температуре) установка поперечным сечением 650х22 мм. Материалом кипящего слоя являлся кварцевый песок со средним размером частиц 0,3 мм. Для создания направленной циркуляции в псевдоожиженном слое размещались симметрично два вертикальных ряда наклонных пластин с размерами 100х22х6 мм каждая.

Вертикальное расстояние между осями соседних пластин одного ряда составляло 100 мм (во всех экспериментах). Изменение угла установки пластин производилось вращением пластин вокруг оси. В экспериментах использовались три яруса пластин. Для изучения циркуляции использовался уголь, в основном, с размером частиц 1 мм.

Уголь порцией определенной величины подавался сверху на слой (в пространство между рядами пластин), и процесс его движения записывался видеокамерой. Полученная видеозапись обрабатывалась на компьютере.

При обработке изображений определялись следующие параметры порции угля: длительность движения с момента подачи на поверхность слоя, скорость движения; площадь вертикального сечения; периметр вертикального сечения. Для слоя свободного от пластин, длительность процесса рассеивания порции составляет 6-12 с. Происходит этот процесс в верхней части слоя на глубине 50-150 мм, направление рассеивания угля – любое, в том числе и к поверхности слоя с выбросом в надслоевое пространство. Размещение вертикальных рядов пластин в псевдоожиженном слое позволило создать между ними область повышенной плотности, за счет чего здесь происходит опускное движение кварцевого песка и угля. Визуальные наблюдения позволяют утверждать, что движение вниз порции угля происходит только при прохождении пузырей между рядами пластин и поэтому имеет прерывистый характер. Опускное движение угля тем интенсивнее, чем большее количество пузырей проходит в пространстве между рядами пластин.

Эксперименты показали, что варьирование конструктивных параметров канала позволяет изменять длительность движения топлива по каналу от 4 до 40 секунд. Влияние конструктивных характеристик канала обеспечивалось изменением угла наклона пластин к вертикали  $\beta$  и ширины канала  $L$ . Рост  $L$  в интервале  $70 \div 150$  мм ведет к увеличению скорости циркуляции  $v$  от 6 до

20 мм/с. При больших значениях  $L$  направленное движение угля прекращается, и картина соответствует свободному (без пластин) кипящему слою, где материал движется более беспорядочно. Зависимость скорости опускного движения от  $\beta$  носит немонотонный характер, с максимумом при  $\beta=10^0$ . В интервале  $\beta=5-10^0$   $v$  увеличивается от 7 до 13 мм/с, при  $\beta=10-35^0$  происходит падение  $v$  от 13 до 2 мм/с.

Моделирование степени неравномерности подачи топлива в канал, определяемое конструкцией питателя (забрасывателя), осуществлялось с помощью изменения объема порции угля  $V_0$ . Оказалось, что в исследованном интервале ( $V_0=50\div150$  см<sup>3</sup>), чем больше объем единичной порции, тем ниже скорость циркуляции. Рост размера частиц, составляющих порцию угля, от 1 до 6 мм ведет к увеличению  $v$  от 8 до 15 мм/с.

Влияние скорости псевдоожижения  $W$  на направленную циркуляцию можно разбить на характерные интервалы: на 1-м интервале ( $W=3,2\div3,6$ ) слой псевдоожижен, а циркуляция отсутствует; на 2-м интервале ( $W=3,6\div4,0$ )  $v$  увеличивается до  $\sim 10$  мм/с; при дальнейшем росте числа псевдоожижения ( $W=4,0\div4,4$ )  $v$  остается практически неизменной (3-й интервал).

При движении порции топлива по каналу происходит уменьшение величины порции (ее рассеяние), изменение величины и формы поверхности раздела порции и слоя. Оценка рассеивания порции оценивалась по изменению площади боковой поверхности порции топлива  $\chi=(S-S_0)/S_0$ . Изменение величины и формы поверхности раздела порции угля и слоя оценивалось с помощью отношения периметров порции топлива в произвольный и начальный момент времени  $P/P_0$  и  $P/P_{экв}$ , соответственно.

Результатом анализа изменения  $\chi$  явился вывод о том, что характер зависимостей  $\chi$  от конструктивных и режимных параметров качественно сходен с характером зависимостей  $v$  от этих же параметров. Так, например, при  $\beta=10^0$  при движении по каналу наблюдается практически полное рассеивание угля по объему дисперсного материала ( $\chi=0,9$ ), а при  $\beta=20\div35^0$  параметр  $\chi$  уменьшается от 0,35 до значений, близких к нулю. Рост ширины канала  $L$  от 50 до 125 мм приводит к увеличению  $\chi$  от 0,3 до 0,8. Варьирование  $W$  в пределах  $3,7\div4,4$  ведет к росту  $\chi$  от 0,2 до 0,7.

Отклонение формы боковой поверхности порции угля от окружности для всего массива полученных экспериментальных данных уместается в интервале  $P/P_{экв}=1\div3$ .

Таким образом, создание направленной циркуляции может позволить обеспечить в объеме канала степень выгорания частиц топлива (с размером около 1 мм) от 10 до 100%, в зависимости от сочетания конструктивных и режимных параметров в канале ( $\beta$ ;  $L$ ;  $V_0$ ;  $W$ ).